

**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G06T 7/60, 17/20</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/30281</b>
		(43) Date de publication internationale: 17 juin 1999 (17.06.99)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/02599

(22) Date de dépôt international: 2 décembre 1998 (02.12.98)

(30) Données relatives à la priorité:  
97/15639 10 décembre 1997 (10.12.97) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): GE MEDICAL SYSTEMS S.A. [FR/FR]; 283, rue de la Minière, F-78533 Buc Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): KNOPLIOCH, Jérôme [FR/FR]; 52 bis, rue Jacques Dulud, F-92200 Neuilly-sur-Seine (FR). STEFANI, Eric [FR/FR]; 14, rue de la Belle Feuille, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(74) Mandataire: BUREAU D.A. CASALONGA-JOSSE; 8, avenue Percier, F-75008 Paris (FR).

(81) Etats désignés: CN, JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: SEMIAUTOMATIC SEGMENTATION METHOD FOR ESTIMATING THREE-DIMENSIONAL VOLUMES

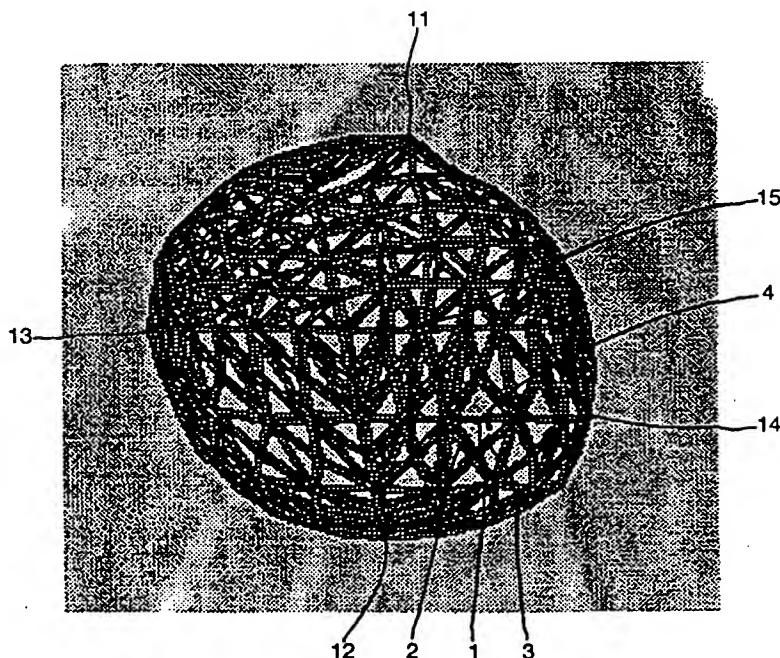
(54) Titre: PROCEDE DE SEGMENTATION SEMI-AUTOMATIQUE POUR L'ESTIMATION DE VOLUMES TRIDIMENSIONNELS

## (57) Abstract

The invention concerns a method for estimating and segmenting the volume of a three-dimensional object in medical imaging, consisting in defining a given number of base points constituting a first three-dimensional form defined by facets; each facet of the first form being defined by three segments, the segments are divided by defining second order points adapted to the object outline so as to constitute a second three-dimensional form closer to the object outline than the first form; each segment is iteratively divided into sub-segments by defining third order points adapted to the object outline so as to constitute a third three-dimensional form closer to the object outline than the second form; the volume of the third form is then computed.

## (57) Abrégé

Procédé d'estimation et de segmentation du volume d'un objet tridimensionnel en imagerie médicale, dans lequel: on définit un nombre donné de points de base constituant une première forme tridimensionnelle définie par des facettes, chaque facette de la première forme étant définie par trois segments, on divise les segments en définissant des points de deuxième ordre adaptés au contour de l'objet de façon à constituer une deuxième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la première forme, chaque segment est itérativement divisé en sous-segments ajustés en définissant des points de troisième ordre adaptés au contour de l'objet de façon à constituer une troisième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la deuxième forme, puis le volume de la troisième forme tridimensionnelle est calculé.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce		de Macédoine	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

## Procédé de segmentation semi-automatique pour l'estimation de volumes tridimensionnels.

La présente invention concerne le domaine de l'estimation du volume d'un objet tridimensionnel, notamment en imagerie médicale.

Dans certaines applications d'imagerie médicale, on a besoin de connaître avec précision le volume d'objets tridimensionnels, par exemple un organe ou une partie d'organe du corps humain.

On connaît de tels procédés permettant d'approcher le volume d'un objet par la connaissance du contour de cet objet selon différentes coupes, le tracé entre les coupes étant ensuite modélisé par une pente continue. On modélise ainsi l'objet tridimensionnel par une pluralité de volumes tronconiques de faible épaisseur. Toutefois, ce procédé oblige un opérateur à tracer le contour de l'objet, ce qui demande un travail minutieux et lent.

La présente invention cherche à résoudre les problèmes du procédé ci-dessus, en proposant un procédé simple, facile à utiliser et permettant d'obtenir la précision souhaitée en un temps bref.

Le procédé, selon l'invention, est destiné à l'estimation du volume d'un objet tridimensionnel en imagerie médicale, un contour de l'objet étant connu au moyen d'une pluralité de clichés pris en coupe.

Le procédé comprend les étapes suivantes :

on définit un nombre donné de points de base constituant une première forme tridimensionnelle définie par des facettes dont les sommets sont les points de base,

chaque facette de la première forme étant définie par trois segments et chaque segment étant commun à deux facettes adjacentes, on divise les segments en créant des points de deuxième rang adaptés au

contour de l'objet de façon à constituer une deuxième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la première forme, la création d'un point de deuxième rang entraînant la création de deux nouvelles facettes et de trois nouveaux segments,

- 5 - chaque segment est itérativement divisé en sous-segments ajustés en définissant des points de troisième rang adaptés au contour de l'objet de façon à constituer une troisième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la deuxième forme, la création d'un point de troisième rang entraînant la création de deux nouvelles facettes et de trois  
10 nouveaux segments,  
- puis le volume de la troisième forme tridimensionnelle est calculé.

On n'a ainsi qu'à définir des points et non pas un contour, ce qui facilite le travail.

- 15 Dans un mode de réalisation de l'invention, les clichés sont pris selon des coupes parallèles.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, une pluralité de clichés est traitée pour fournir une description du volume tridimensionnel.

- 20 Avantageusement, chaque segment est divisé en deux.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la position de chaque deuxième point est proposée en fonction de la position des deux premiers points adjacents. Chaque deuxième point peut ainsi être proposé en fonction de l'orientation des normales aux deux premiers points adjacents.

- 25 Dans un mode de réalisation de l'invention, les segments sont divisés en sous-segments jusqu'à ce que le changement de volume résultant d'une division donnée soit négligeable. On peut ainsi choisir un changement de volume seuil en dessous duquel la division itérative en sous-segments est arrêtée. Ce seuil de changement de volume correspond à la précision souhaitée du procédé.

- 30 Dans un mode de réalisation de l'invention, on définit six premiers points de base qu'on dispose sur le dessus et sur le dessous, sur l'avant et sur l'arrière, et sur chaque bord latéral de l'objet.

Un calcul de répartition de la densité de l'objet dans l'espace peut être effectué postérieurement au calcul du volume estimé de l'objet.

- 35 On peut modifier manuellement tout point des formes

tridimensionnelles, par exemple pour l'adapter à une irrégularité du relief de l'objet tel qu'un creux ou une bosse. Une pondération différente est accordée aux points afin d'approcher au plus près le contour réel de l'objet. Une modification d'un premier point de base entraînera une modification correspondante de l'ensemble des points voisins. Au contraire, une  
5 modification d'un troisième point de la troisième forme n'entraînera pas de modification des premier et deuxième points adjacents et pourra modifier légèrement la position des troisièmes points adjacents. De façon très souple, on peut ainsi procéder à des améliorations des différentes  
10 formes aboutissant à les rendre plus proches du contour réel de l'objet tridimensionnel.

Egalement, pour conserver une grande souplesse d'utilisation, tout point, y compris de troisième rang, peut être défini manuellement.

La présente invention sera mieux comprise et d'autres avantages  
15 apparaîtront à la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre nullement limitatif et illustré par les dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 est une vue en perspective d'une forme finale selon l'invention;

les figures 2 et 3 sont des vues schématiques en deux dimensions  
20 du procédé selon l'invention; et

les figures 4 et 5 sont des vues schématiques en trois dimensions du procédé selon l'invention.

Comme on peut le voir sur la figure 1, une forme définitive approchant un objet tridimensionnel est constituée par une pluralité de  
25 facettes définies par trois segments, par exemple les segments 1 à 3 définissant une surface triangulaire plane 4. Le volume de l'objet tridimensionnel, non représenté, est ainsi approché au moyen de surfaces triangulaires dont les coordonnées des points sommet sont connues. Le calcul du volume de la forme peut ainsi être effectué.

30 Un opérateur commence par définir six points de l'objet, un point supérieur 11, un point inférieur 12, un point latéral gauche 13, un point latéral droit 14, un point avant 15 et un point arrière non visible sur la figure 1. Cette première forme définit ainsi grossièrement l'objet tridimensionnel, le positionnement de ces six points de base doit être  
35 effectué de façon précise car de leur définition dépend celle des futurs

points adjacents. Pour obtenir une définition satisfaisante, il peut être nécessaire de vérifier leur positionnement sur différentes coupes de l'objet.

5 Après avoir défini les six premiers points, une vue oblique est ajoutée aux vues existantes, permettant par orientation et centrage de définir des points supplémentaires.

10 On peut alors définir les points supplémentaires à l'intersection de la normale à l'un des segments du volume de base, la normale étant calculée à partir des facettes et des points formant ce segment, et du bord de l'objet tridimensionnel étudié. Un certain nombre de deuxièmes points constituant une deuxième forme sont définis de façon manuelle ou automatique. Lorsque le changement de volume résultant de la définition de deuxièmes points devient inférieur à un seuil, on peut alors poursuivre la définition de points de façon automatique en procédant à la  
15 segmentation des facettes existantes jusqu'à ce qu'une correspondance suffisante avec l'objet tridimensionnel étudié soit obtenue, en constituant ainsi une troisième forme. On peut néanmoins poursuivre la définition de points de façon manuelle.

20 Lorsque le volume final est défini, on peut modifier des points dont la définition ne correspond pas de façon satisfaisante à une irrégularité de l'objet tridimensionnel étudié, notamment un creux ou une protubérance. On déplace alors le point selon la normale à la facette dont fait partie le point, la normale étant calculée à partir des facettes.

25 Les points adjacents aux points modifiés seront également modifiés pour maintenir la régularité du volume défini en tenant compte de l'appartenance dudit point à la première, la deuxième ou la troisième forme. Le déplacement d'un point de la première forme entraîne un déplacement correspondant de tous les points adjacents. Le déplacement d'un point de la troisième forme n'entraîne pas de déplacement des points  
30 adjacents des premières et deuxièmes formes.

35 Les figures 2 et 3 montrent de façon schématique, en deux dimensions, le processus de définition des points. A partir d'un contour 20, des premiers points de base 21 à 23 sont définis et permettent de définir grossièrement ledit contour 20. Les segments de droite 24 à 26 reliant les premiers points de base 21 à 23 sont ensuite définis. Les normales 27 à 29 à

ces segments 24 à 26 sont ensuite calculées. Puis on peut définir des deuxièmes points 30 à 32 approchant de façon plus précise le contour 20 en se déplaçant le long des normales 27 à 29. Puis on définit les segments 33 à 38 reliant les points 21 à 23 et 30 à 32, ce qui permet de reproduire les étapes précédentes, de façon manuelle, semi-automatique ou automatique jusqu'à ce que la précision souhaitée soit obtenue.

Les figures 4 et 5 montrent de façon schématique, en trois dimensions, le processus de définition des points. Deux facettes 40 et 41 appartenant à un contour sont représentées. La facette 40 est limitée par les points de base 42, 43 et 44. La facette 41 est limitée par les points de base 43, 44 et 45. Les points de base 43 et 44 sont donc communs aux facettes 40 et 41 et définissent un segment 46. On définit en suite un point de second ordre 47 ce qui entraîne la création des facettes supplémentaires 48 et 49 et des segments supplémentaires 50 à 52.

Grâce à l'invention, on dispose d'un procédé d'estimation du volume d'un objet tridimensionnel adapté à l'imagerie radiologique, d'usage facile car on a seulement un faible nombre de points à définir sur le bord de l'objet tridimensionnel, aisé à contrôler, ce qui garantit d'une bonne approximation du contour, rapide, car la phase de définition automatique peut être effectuée en quelques secondes et facilement reproductible dans la mesure où il repose sur la définition d'un faible nombre de points sur le contour de l'objet.

## REVENDICATIONS

1. Procédé d'estimation et de segmentation du volume d'un objet tridimensionnel en imagerie médicale, un contour dudit objet étant connu au moyen d'une pluralité de clichés pris en coupe, caractérisé par les étapes suivantes :

- 5       - on définit un nombre donné de points de base constituant une première forme tridimensionnelle définie par des facettes dont les sommets sont les points de base,
- 10       - chaque facette de la première forme étant définie par trois segments et chaque segment étant commun à deux facettes adjacentes, on divise les segments en créant des points de deuxième rang adaptés au contour de l'objet de façon à constituer une deuxième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la première forme, la création d'un point de deuxième rang entraînant la création de deux nouvelles facettes et de trois nouveaux segments,
- 15       - chaque segment est itérativement divisé en sous-segments ajustés en définissant des points de troisième rang adaptés au contour de l'objet de façon à constituer une troisième forme tridimensionnelle plus proche du contour de l'objet que la deuxième forme, la création d'un point de troisième rang entraînant la création de deux nouvelles facettes et de trois nouveaux segments,
- 20       - puis le volume de la troisième forme tridimensionnelle est calculé.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les clichés sont pris selon des coupes parallèles.

25       3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'une pluralité de clichés est traitée pour fournir une description du volume tridimensionnel.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que chaque segment est divisé en deux.

30       5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la position de chaque deuxième point est proposée à l'opérateur en fonction de la position des deux premiers points adjacents .

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la



position de chaque deuxième point est proposée en fonction de l'orientation des normales aux deux premiers points adjacents.

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les segments sont divisés en sous-segments jusqu'à ce que le changement de volume résultant d'une division donnée soit négligeable.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on définit six premiers points de base.

10 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'un calcul de répartition de la densité de l'objet dans l'espace est effectué.

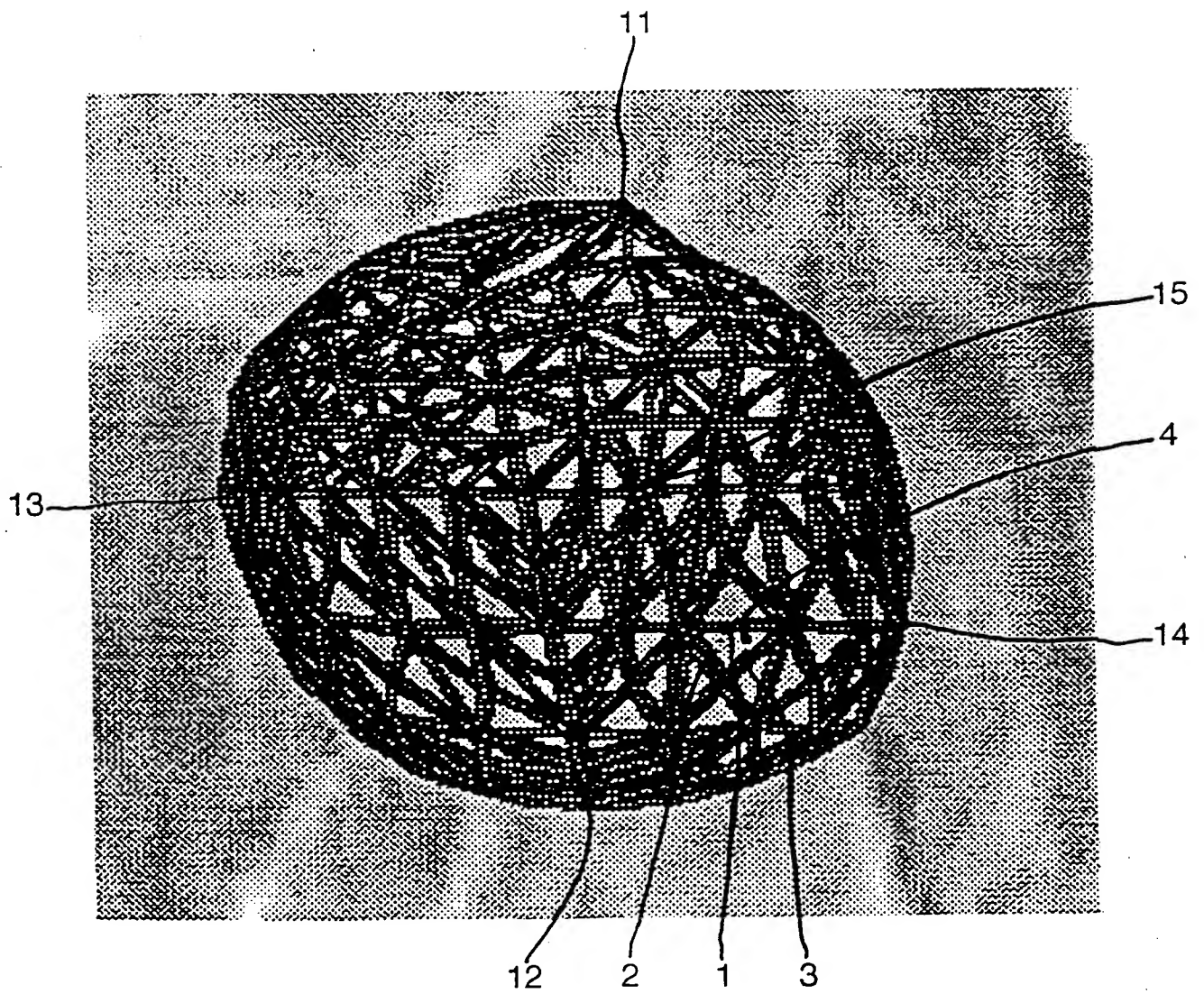
15 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on peut modifier tout point des formes tridimensionnelles.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les points sont définis de façon manuelle.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/3

FIG.1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG.2

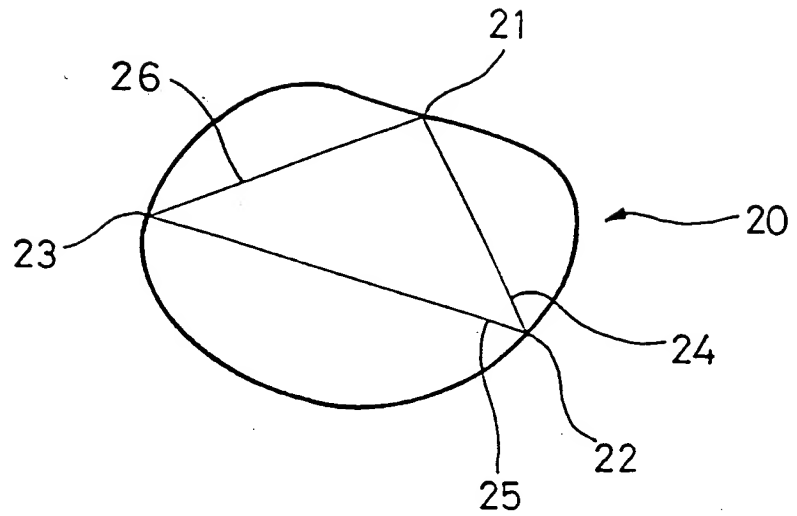
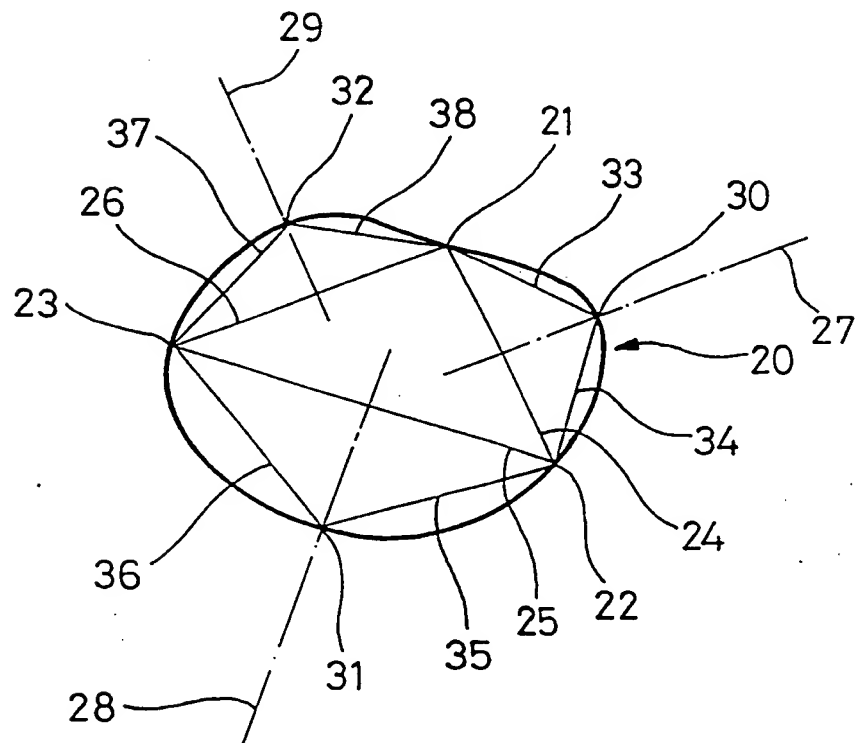


FIG.3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

FIG.4

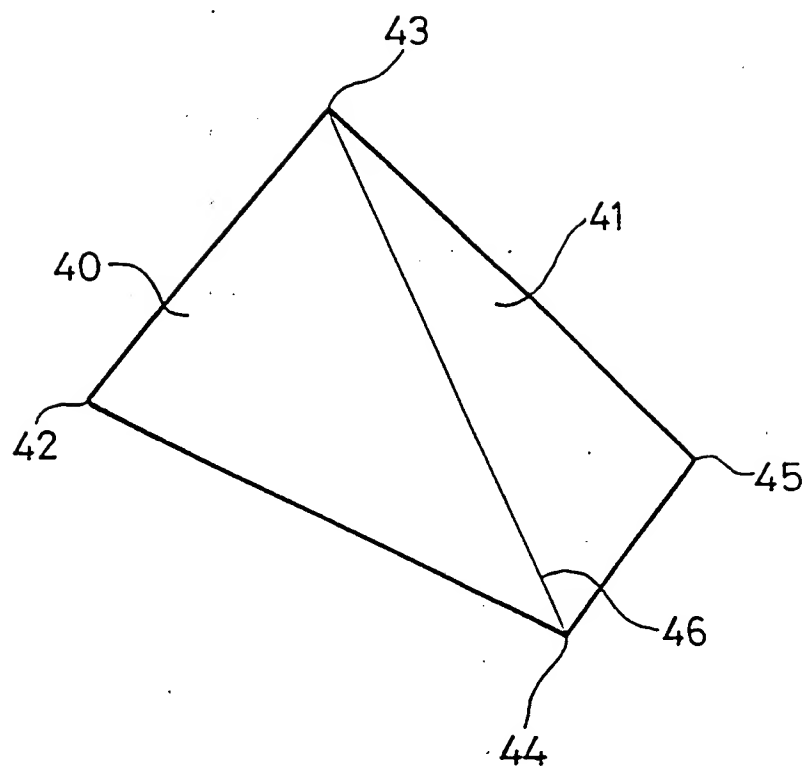
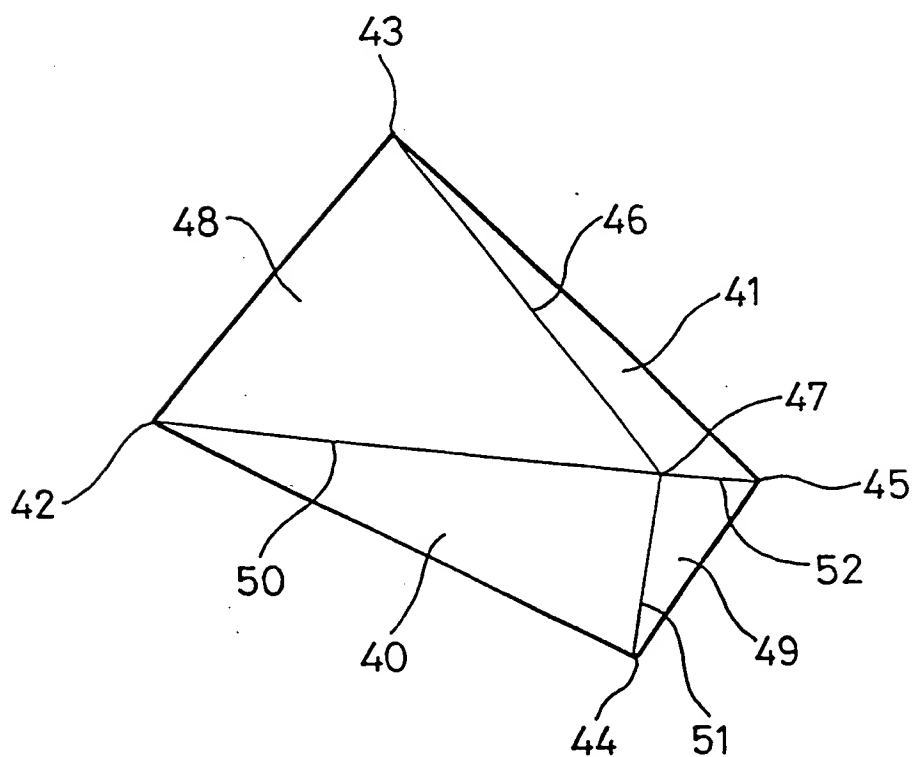


FIG.5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**